

APERÇU SUR L'ETUDE DES EMPREINTES DU TRIAS, APPLIQUE AU GISEMENT DU VIEUX EMOSSON (VALAIS, SUISSE)

par Germaine et Georges Demathieu ¹

INTRODUCTION

C'est pendant l'été 1976 qu'au cours d'une excursion dans le Massif des Aiguilles Rouges un géologue français, Georges BRONNER, a découvert près du lac du Vieux Emosson (commune de Finhaut, Valais) des surfaces étendues de grès triasiques portant des empreintes de pas. Cette découverte était devenue possible par l'absence d'un névé qui couvrait habituellement cet affleurement.

Ce n'était pas la première fois que des empreintes de pas étaient signalées dans le Trias (première période de l'ère secondaire) des Alpes: en 1975, lors d'une excursion du groupe français du Trias, Madame STAMM-GRAUVOGEL avait découvert dans les quartzites de Taninges (Haute-Savoie) une petite, mais hélas unique, empreinte d'un reptile. En 1961, quelques traces, rapportées à des Dinosauriens, étaient remarquées dans les dolomies de l'Engadine et faisaient l'objet d'une publication en 1962. Plus anciennement encore, en 1942, des traces de Reptiles du Tyrol autrichien avaient été décrites.

Enfin, en Italie, dans les dolomites de Bolzano, des traces, du Permien cette fois, ont été étudiées en 1977.

Au Vieux Emosson, la découverte était considérable: des centaines de traces parsèment les surfaces gréseuses.

¹ Institut des Sciences de la Terre et Lab. associé au C.N.R.S., n° 157, 6, bd Gabriel, 21000 Dijon (France).

Depuis, ces traces ont fait l'objet d'une note à l'Académie des Sciences de Paris (G. BRONNER et G. DEMATHIEU, 1977) puis de M. BAUD, conservateur du Musée de Lausanne — où se trouvent des moulages — dans le journal de la Ligue Suisse pour la Protection de la Nature.



Fig. 1. Dalle à empreinte du Vieux-Emosson (photo A. Baud).

LES EMPREINTES DE PAS DANS LE MONDE : BREF HISTORIQUE

Les premières traces de pas de Vertébrés ont été découvertes dans le Trias d'Ecosse en 1828 et rapportées par BUCKLAND à des Tortues. En Allemagne, en Thuringe, en 1834, furent découvertes, toujours dans le Trias, des empreintes à cinq doigts, dont la forme rappelait étrangement une main humaine et qui furent nommées, pour cela, *Chirotherium* (Chiro = main, que nous retrouvons dans «chirurgien»).

La première relation de trouvaille de ces fossiles en Amérique date de 1836; les premiers observateurs, dont E. HITCHCOCK, les attribuèrent à des oiseaux, les traces étant tridactyles. En France, c'est en 1857 qu'à Lodève (Hérault) on découvrit les premières dalles qui portaient des empreintes de forme voisine de celles de Thuringe...

Puis les découvertes continuèrent, les discussions aussi, portant souvent sur la validité même de ces fossiles vraiment très particuliers.

PROBLEME DE LA CONSERVATION DES TRACES FOSSILES

Un des points justement les plus litigieux dans la discussion était celui de la conservation, car chacun voit dans la nature actuelle combien les traces de pas sont fugaces... Cependant nous en avons connu qui ont duré plusieurs années...

Une des premières conditions est que les traces soient faites dans un sol meuble mais humide; s'il l'est trop, les traces ne sont pas bonnes, bien que profondes, parce que les contours deviennent très vite flous; s'il ne l'est plus assez, les impressions très peu profondes ne sont, souvent, que fragmentaires. Les belles empreintes sont celles qui ont été faites sur la surface d'un sol contenant suffisamment d'eau pour être plastique, mais conservant une certaine élasticité.

La finesse des particules qui composent la surface du sédiment doit être grande (souvent l'argile domine) pour que les contours et les détails du dessous des autopodes soient correctement reproduits. Ainsi, les empreintes des écailles de la peau sont fréquentes dans certains gisements de France, d'Allemagne et des U.S.A.

Après l'impression, on admet que le sédiment doit s'assécher progressivement et tendre à se consolider par prise, avec l'eau, des éléments de la matrice ou par l'apport des sels dissous dans l'eau d'imbibition qui provoque une première cimentation qui, lors de nouvelles venues d'eau, empêche l'effaçage des traces. Cette arrivée doit, tout de même, être lente et progressive; elle apporte alors avec elle des sédiments fins qui vont, en se déposant, mouler les traces déjà faites. Ce remplissage est fait des sables très fins d'abord, puis des sables fins, pouvant devenir plus grossiers ensuite; il protège alors les traces des destructions futures et, en même temps, offre au chercheur deux empreintes pour une seule qui a été faite: l'empreinte véritable en creux et son moulage par les sédiments surincombants ou contre-empreinte, qui se séparent ensuite. La première couche d'argile déposée, souvent très fine permet en effet aux eaux de ruissellement de pénétrer entre les dalles et de les séparer, processus qui est particulièrement long.

Au Vieux Emosson, les couches de recouvrement ont dû être déblayées par l'érosion parce qu'elles étaient d'un matériau plus facilement altérable que les couches à empreintes qui ont subsisté grâce à une très forte consolidation.

Les couches à empreintes, lors de l'évolution du sédiment au cours des âges, peuvent subir une autre cimentation secondaire et plus durable, calcaire quelquefois comme au Vieux Emosson ou plus souvent siliceuse.

LES EMPREINTES DU VIEUX EMOSSON

Nous nous en tenons à la description fournie par la première note mais il est à peu près sûr que l'étude des moulages apportera des informations plus complètes parce qu'il faut reconnaître que les conditions d'observation in situ ne sont pas confortables: la dalle inclinée à 40°,

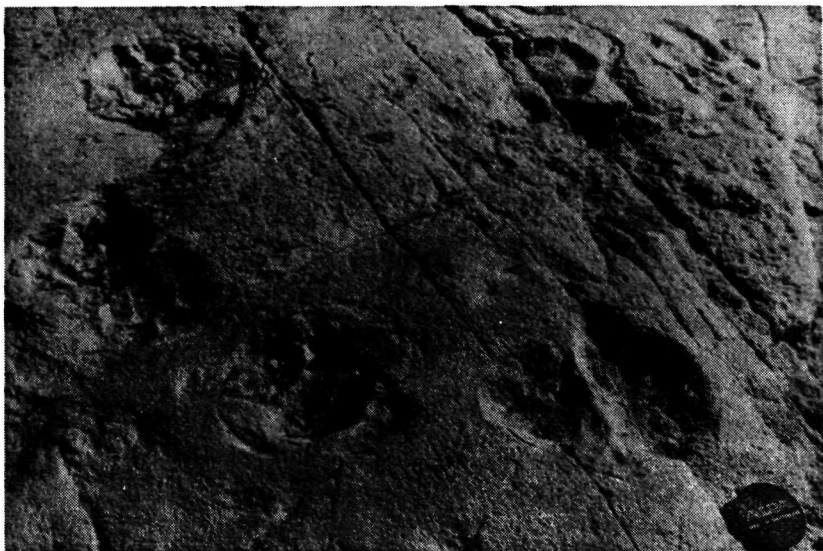


Fig. 4. Empreintes tridactyles et pentadactyles (photo A. Baud).

l'éclairage difficilement satisfaisant — la lumière doit être rasante pour une bonne observation — de sorte que, en particulier les petites traces, s'il y en a, ont pu être ignorées.

D'après les investigations actuelles deux types principaux ont pu être déterminés:

Traces pentadactyles (fig. 2, dessin de gauche)

Ce sont des traces à cinq doigts, assez grandes, 20 cm de longueur en moyenne, où le cinquième orteil recourbé est un peu en arrière et de côté par rapport à l'ensemble des quatre premiers. Pour cette raison, elles

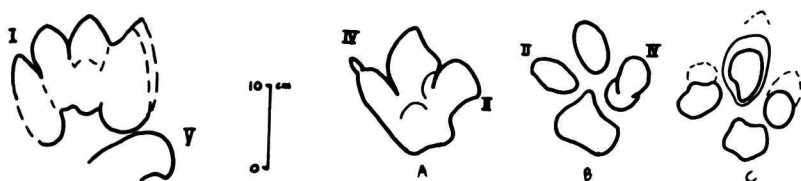


Fig. 2. Empreinte pentadactyle à gauche. A droite, divers aspects des traces tridactyles, suivant l'état de dessiccation du sédiment ou de l'allure de l'animal.



Fig. 5. L'auteur des traces pentadactyles dans un paysage avec des Cycadales et des Voltzia.

appartiennent à la famille des empreintes chirotherioïdes, si fréquentes au Trias, et au genre *Isochirotherium* à cause de la subégalité des orteils II-III. L'auteur de cette piste, bien que quadrupède, était très vraisemblablement en démarche bipède (les mains n'ont pas imprimé), et faisait de grands pas (1,9-2 m). Son allure était vraisemblablement rapide

car la partie postérieure du pied est absente sur les traces. C'était un animal déjà assez grand, 3 à 4,5 m de long, au tronc ressemblant à celui d'un crocodile actuel mais avec des membres postérieurs plus longs et plus puissants (de 1,6 à 1,8 m), une tête plus courte et plus haute et une queue sans doute plus conique (fig. 4). Dans la sous-classe des Reptiles Archosauriens, dont les Crocodiles sont les seuls représentants actuels, il appartenait à un groupe qui fut sans doute à la souche des Dinosaurés.

Traces tridactyles (fig. 2 A, B, C)

Ce sont les plus nombreuses. Le caractère le plus visible est une dissymétrie assez nette par rapport à l'axe du pied, c'est-à-dire celui de l'orteil III. L'orteil interne, le II, est le plus court et recourbé vers l'intérieur de la piste alors que l'externe, le IV, est plus grand et rectiligne.

La figure 2 A représente une des empreintes conservées dans la totalité de leur contour mais il arrive que des traces n'ont imprimé que partiellement (fig. 2 B, 2 C) suivant que l'animal marchait sur un sol de moins en moins humide et ne laissait voir alors que la trace des coussinets sous-digitaux les plus importants. L. DOLLO avait déjà signalé cette disparité d'apparence des traces d'Iguanodon (fig. 3). Mais les auteurs de ces traces n'étaient pas des Iguanodons: ils étaient beaucoup plus petits, de

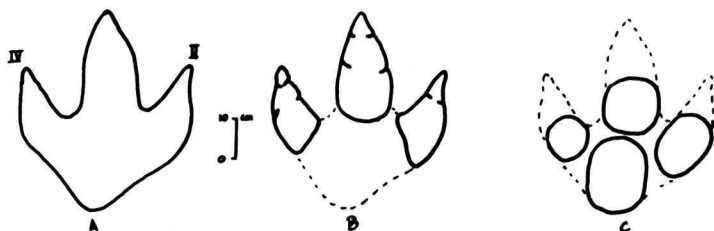


Fig. 3. Les allures des Iguanodons selon L. DOLLO (1905). A = marche; B = course; C = repos.

la taille des précédents, c'est-à-dire la moitié environ en longueur des Iguanodons, qui sont de plus beaucoup plus tardifs, du Crétacé (3e et dernière période de l'ère secondaire).

C'étaient des bêtes à longs membres postérieurs (1,6 à 1,8 m) aux membres antérieurs courts, capables de se déplacer rapidement (fig. 5). Le tronc assez court et la tête peu volumineuse, équilibrés par une

queue massive, permettaient une démarche bipède aisée. Très certainement ces animaux se placent parmi les premiers Dinosaures du Trias dont le pied était déjà bien spécialisé et de facture très particulière.

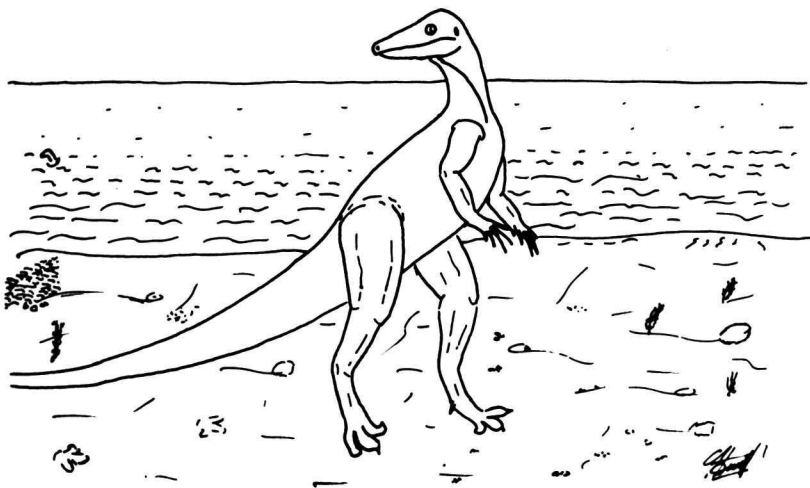


Fig. 6. L'auteur des traces tridactyles en bordure de l'eau.

SIGNIFICATION PALEONTOLOGIQUE DES EMPREINTES

Il n'est pas possible de reconstituer exactement un animal inconnu d'après les empreintes de ses pieds ou de ses mains. Mais nous venons de voir qu'il était possible de l'inclure dans un des grands groupes zoologiques connu par ailleurs par des squelettes. La reconstitution assez bonne de l'autopode (pied ou main) de l'animal permet cette intégration. Au Trias surtout, où les autopodes des Reptiles Archosauriens ont subi une évolution caractéristique qui se résume ainsi: les premiers de ces Reptiles, au Trias inférieur, avaient un pied pentadactyle où le 4e orteil était le plus long et le 5e, en partie opposable, était situé plus en arrière et rejeté vers l'extérieur du pied; chez l'homme, comme chez tous les Vertébrés qui le possèdent, le pouce ou doigt interne est numéroté I, l'auriculaire est le V. Chez les lézards actuels, dont le pied a conservé l'architecture primitive, les caractères des doigts sont à peu près les mêmes que ceux cités pour les premiers Archosauriens. Mais à partir de cette

architecture globale primitive, chez ces Reptiles — et ceci dès le milieu du Trias inférieur — c'est l'orteil III qui devient le plus long et son axe se confond avec celui du pied. Puis l'orteil V régresse: il devient court, puis tout petit. C'est le cas de nombreuses empreintes chirotherioïdes comme celle décrite plus haut. A son tour, l'orteil I va régresser puis se réduire, mais sans jamais disparaître totalement, et les empreintes deviennent tridactyles: c'est le cas des Dinosaures bipèdes où le V a disparu totalement.

Les découvertes d'empreintes de pas ont montré que c'est vers le milieu du Trias moyen que ces empreintes tridactyles apparaissent, datation corroborée par d'autres études géologiques, alors que, d'après les découvertes de squelettes, les Dinosaures n'apparaissent qu'au Trias supérieur.

Pour conclure, on constate que, en ce qui concerne les empreintes de Reptiles Archosauriens, au Trias inférieur elles sont pentadactyles, qu'au Trias moyen apparaissent les tridactyles avec les premiers Dinosaures bipèdes, qu'au Trias supérieur les traces pentadactyles disparaissent quasi complètement et que ne subsistent que les tridactyles accompagnées de traces *éléphantiques* attribuées à des dinosaures quadrupèdes qui seuls ont conservé les 5 doigts avec IV et V réduits.

ENVIRONNEMENT DES TRACES DE PAS ET PALEOGEOGRAPHIE

Les empreintes de pas de Vertébrés terrestres fournissent immédiatement un renseignement de première importance: la présence de terres émergées.

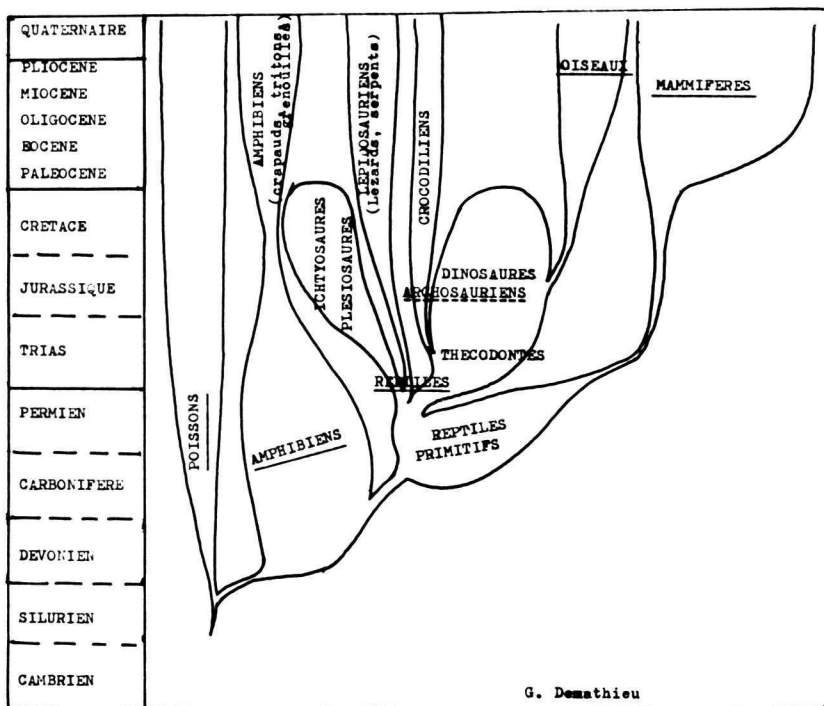
De plus, ces surfaces de sols fossiles, en général, n'offrent pas seulement des traces de pas. Sur les aires du Vieux EMosson, on peut remarquer des rides fossilisées semblables à celles que l'on observe sur toutes les plages soit sous l'eau, soit après le retrait de la mer lors de la marée basse. On en observe aussi sur les dunes, produites par le vent mais celles-ci, sèches, ne se conservent pas. Ces ripple-marks, comme les nomment les géologues, attestent la présence d'étendues d'eau à niveau variable qui tantôt recouvraient, tantôt découvriraient les aires à empreintes. Bien sûr, en les voyant, l'observateur peut penser à l'existence de marées mais bien d'autres causes peuvent être à l'origine de ces fluctuations du niveau des eaux: pluies importantes sur un lac aux rives basses, augmentation du débit d'un fleuve. Le problème est que l'on ignore tout de la durée qui pouvait séparer deux émergences successives.

ERES	PERIODES	AGES en millions d'années
		0
QUATERNAIRE	HOLOCENE	
3 millions d'années	PLEISTOCENE	3
	PLIOCENE	7
	MIOCENE	26
TERTIAIRE	OLIGOCENE	37,5
62 millions d'années	EOCENE	53,5
	PALEOCENE	65
	CRETACE	
		136
SECONDAIRE	JURASSIQUE	
160 millions d'années		190
	TRIAS	
		225
	PERMIEN	
		280
	CARBONIFERE	
		345
PRIMAIRE	DEVONIEN	
345 millions d'années		395
	SILURIEN	
		435
	ORDOVICIEN	
		500
	CAMBRIEN	
		570
ANTECAMBRIENNE		
4 milliards d'années		
		4 500

G. Demathieu

Tabl. I. Les ères et les périodes de l'histoire géologique de l'écorce terrestre. Ages approximatifs calculés à partir de l'époque actuelle d'après l'*Holmes symposium* de 1964. La représentation graphique ne peut pas être proportionnelle aux durées puisque l'ère antécambrienne à elle seule totalise 4 milliards d'années environ.

Mais d'autres figures apportent des informations supplémentaires: les pseudomorphoses de sel gemme qui, localement, ne sont pas rares au Vieux Emonson. Ce sont les moulages de cristaux de sel — de petits cubes souvent emboîtés — formés à partir d'une eau saturée en chlorure de sodium. Ces cristaux se sont déposés dans un sédiment fin, sinon leur marque n'aurait pas été conservée, et y ont imprimé leur forme. La



Tabl. II. Relations de parenté entre les grands groupes de Vertébrés avec leur âge approximatif d'apparition d'après les thèses les plus couramment admises actuellement. Les largeurs des bulles indiquent approximativement l'abondance relative du nombre d'espèces des différents groupes.

venue d'une eau douce ou d'eau non saturée comme de l'eau de mer les a ensuite dissous, et les sédiments transportés par ces eaux se sont déposés dans les creux puis les ont moulés, tout comme les autres empreintes.

Les pseudomorphoses de sel apportent un renseignement important: la présence d'eau salée donc, avec une bonne probabilité, une mer non loin des aires à empreintes qui alors s'avèreraient comme des bords de

lagunes, c'est-à-dire des bassins en communication intermittente avec la mer. Quand la jonction était coupée par la baisse du niveau, l'eau des lagunes s'évaporait et c'est à ce moment que se produisait le dépôt de sel. On peut objecter qu'au lieu de mer et de lagunes, des lacs intérieurs de grandes dimensions, plus ou moins salés (Playas) pouvaient jouer le même rôle. Mais l'étendue et la continuité des aires à empreintes en Europe, par exemple, de même que les études faites sur l'évolution des couches sédimentaires dans certaines directions à partir de gisements de traces, plaident en faveur de la première hypothèse, c'est-à-dire la mer.

Enfin, avec des traces de gouttes de pluie, le gisement montre localement des figures polygonales qui ne sont autres que des fissures de dessiccation fossilisées. Tout naturaliste a remarqué qu'un sédiment qui contient de l'argile, après avoir été détrempé, se fissure en surface, cette fissuration formant des dessins polygonaux plus ou moins compliqués. Ces figures sont le témoin de fonds de flaques restés imbibés d'eau plus longtemps que le reste.

Ainsi, grâce à cet ensemble de traces, il est possible de fixer ponctuellement un caractère géographique, un bord de mer, à un moment donné. Si, comme c'est le cas en France sur la bordure Nord-Est du Massif Central de très nombreux gisements du même âge se succèdent alors une ligne de côtes peut être tracée.

UTILISATION DES FAUNES D'EMPREINTES EN STRATIGRAPHIE

Ici, ce sont les caractères morphologiques des empreintes et des pistes qui sont utilisés d'un double point de vue.

— Tout d'abord par l'information paléontologique; ce gisement est caractérisé par un très grand nombre d'empreintes tridactyles de facture peu commune et d'empreintes pentadactyles dont la forme remonte à la deuxième moitié du Trias inférieur. La grande quantité des traces dinosauroïdes ne permet pas de dater le gisement au-dessous du milieu du Trias moyen (voir plus haut). La forme particulière de ces traces tridactyles suggère même une position stratigraphique plus haute, c'est-à-dire une datation plus récente: Trias supérieur. Mais comme les traces pentadactyles disparaissent après le milieu du Trias supérieur, et en l'absence d'autres données, l'intervalle de temps où s'est situé le moment de l'impression de ces traces est donc: milieu du Trias moyen-milieu du Trias supérieur (G. BRONNER et G. DEMATHIEU, 1977).

— Il sera peut-être possible d'affiner par la suite cette datation qui reste trop large. Pour cela, il faudrait trouver dans les Alpes d'autres gisements portant soit les mêmes formes d'empreintes, soit d'autres. Ces comparaisons de formes d'empreintes, comparaisons numériques soit par le nombre d'empreintes, soit par une estimation statistique du nombre d'individus présents permettent aussi des datations relatives.

En bref, là où il n'existe pas d'autres fossiles que les traces de pas, celles-ci, si elles sont convenablement étudiées et interprétées, permettent une datation approximative des couches. S'il y a d'autres fossiles, stratigraphiques et bien connus par exemple, cela permet alors de tester les méthodes indiquées ci-dessus.

CONTRIBUTION A LA PALEOECOLOGIE

Quand les gisements fournissent suffisamment de traces diverses il est possible de tenter de reconstituer, par une analyse numérique et par les déductions faites sur l'allure des animaux auteurs des traces et la situation qu'on leur attribue dans la classification zoologique, les biocénoses de Vertébrés, c'est-à-dire les associations de Vertébrés vivant sur un même espace vital: Reptiles végétariens ou carnivores, grands ou petits, et d'étudier leur dépendance mutuelle et avec le milieu dans lequel ils vivaient, suivant l'estimation de la masse biologique qu'ils représentaient.

Ces recherches sont délicates et prennent beaucoup de temps. Le travail qui a été fait sur le gisement du Vieux Emosson reste encore trop superficiel pour qu'on en tire de telles conséquences. Pour qu'elles puissent se poursuivre il est nécessaire que ce gisement subsiste.

CONCLUSION

Nous avons essayé de montrer que des recherches et des études méticuleuses permettent d'utiliser les traces de pas dans des domaines assez divers.

Un gisement aussi important par l'étendue et le nombre de traces que celui du Vieux Emosson est exceptionnel. Il n'en existe que peu dans le monde. Les cas les plus fréquents ne concernent que quelques mètres

carrés, quelques dizaines parfois, mais des surfaces de plus de 100 m² sont fort rares. C'est une des seules, à notre connaissance, pour le Trias européen avec les gisements de Largentière (Ardèche, France) et de Eiterfeld en Allemagne.

Ces témoins de la vie — car c'est une tranche de vie de ces animaux qu'elles nous offrent — doivent être conservés car, dans l'avenir des méthodes encore plus sophistiquées que celles utilisées actuellement permettront de découvrir, peut-être, ce que nous ne savons pas encore analyser.